تقنية التحكم المبرمج

الدوائر المنطقية

Logic Circuits

الدوائر المنطقية

٢

الجدارة: التعرف على الدوائر المنطقية وكيفية استخدامها لتمثيل بعض دوائر التحكم

الأهداف: عند الانتهاء من دراسة هذه الوحدة يتمكن المتدرب بإذن الله من:

١. استنتاج جدول الحقيقة للدوائر المنطقية

٢. كتابة المعادلات المنطقية

٣. تمثيل دوائر التحكم باستخدام المعادلات والدوائر المنطقية

الوقت المتوقع: ٤ ساعات

متطلبات الجدارة: الدوائر الكهربائية - ٢

الوحدة الثانية : الدوائر المنطقية Logic Circuits

يتكون جهاز التحكم المبرمج من مجموعة كبيرة من الدوائر الكهربائية الإلكترونية موصلة مع بعضها البعض في مجموعات تسمى الدوائر المنطقية أو البوابات المنطقية وهي التي تقوم بعمليات تخزين ونقل ومسح المعلومات داخل جهاز التحكم المبرمج .

وتقوم أيضاً هذه الدوائر بجميع العمليات الحسابية من جمع وضرب وطرح وقسمه وجميع العمليات المنطقية مثل المقارنات والتساوي وعدم التساوي .

وعناصر الدوائر المنطقية لها حالة واحدة من حالتي التشغيل فإما أن تكون حالة التشغيل ON وفيها تسمح بمرور المعلومة وتسمى هذه الحالة بالحالة الحقيقية ويعطى لها الرمز المنطقي "1" . أو تكون حالة عدم التشغيل OFF وفيها تكون الدائرة مفتوحة أي لا تسمح بمرور المعلومة وتسمى هذه الحالة بالحالة غير الحقيقية ويعطى لها الرمز المنطقي "0"

أي أنه يمكن اعتبار بوابة المنطق عبارة عن دائرة كهربائية لها أكثر من دخل INPUT وخرج واحد OUTPUT والدخل والخرج لهما قيمتان فقط وهما صفر أو واحد (0,1)

وحيث أن الدخل يأخذ إحدى القيمتين "0" أو "1" فقط فإن الاحتمالات التي يمكن أن يكون عليها الدخل تكون 2^n حالة حيث n هي عدد الدخل. فإذا كان عدد الدخل اثنان فقط AوB فإن عدد الاحتمالات يكون $2^2 = 4$ ويمكن كتابتها في جدول كالتالي

A	B
0	0
0	1
1	0
1	1

الجدول (2-1)

الاحتمالات الممكنة عندما يكون عدد المداخل (2)

وبالمثل إذا كان عدد الدخل 3(C وB وA) فإن عدد الاحتمالات يكون $2^3 = 8$

A	B	C
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

جدول (2-2)

الاحتمالات الممكنة عندما يكون عدد المداخل (3) ثلاثة

ويوجد أنواع مختلفة من بوابات المنطق وأهمها البوابات الأساسية بوابة (و) AND وبوابة (أو) OR وبوابة النفي NOT .

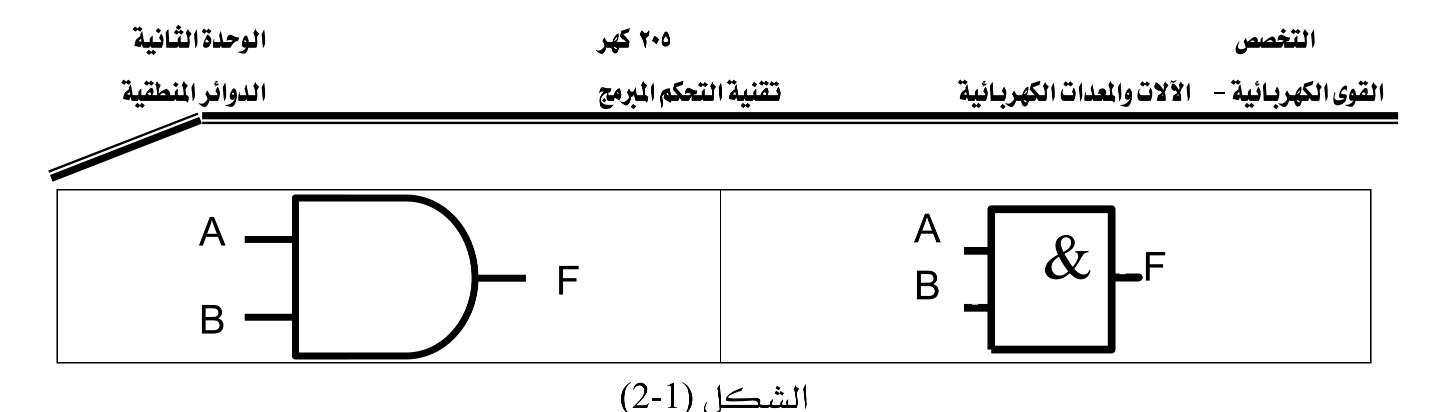
٢- ١ البوابات الأساسية

٢- ١- ١ البوابة المنطقية (و) AND GATE

يرمز إلى هذه البوابة المنطقية بأحد الرمزين الموضحين في الشكل (1-2) ويلاحظ من الشكل أن هذه البوابة لها أكثر من دخل ولها خرج واحد .ويرمز لخرج البوابة بالحرف F بينما يرمز للدخلين بالرمزين AوB والبوابة المنطقية (و) يتم التعبير عنها جبرياً بالمعادلة الآتية :

F = A.B	(2-1)

أي أن هذه البوابة تمثل بعملية ضرب الدخلين .



الشكل (2-1)

دائرة AND بمدخلين

ويلاحظ أنه يوجد عدد $2^2=4$ احتمال للدخل وعلى ضوء قيمة هذا الاحتمال تتحدد قيمة الخرج بواسطة المعادلة الجبرية للبوابة المستخدمة .

واحتمالات الدخل وقيمة الخرج المناظر لكل احتمال يمكن وضعها في جدول يسمي جدول الحقيقة TRUTH TABLE. وفي حالة البوابة (و) AND يمكن كتابة جدول الحقيقة كما في جدول (2-3)

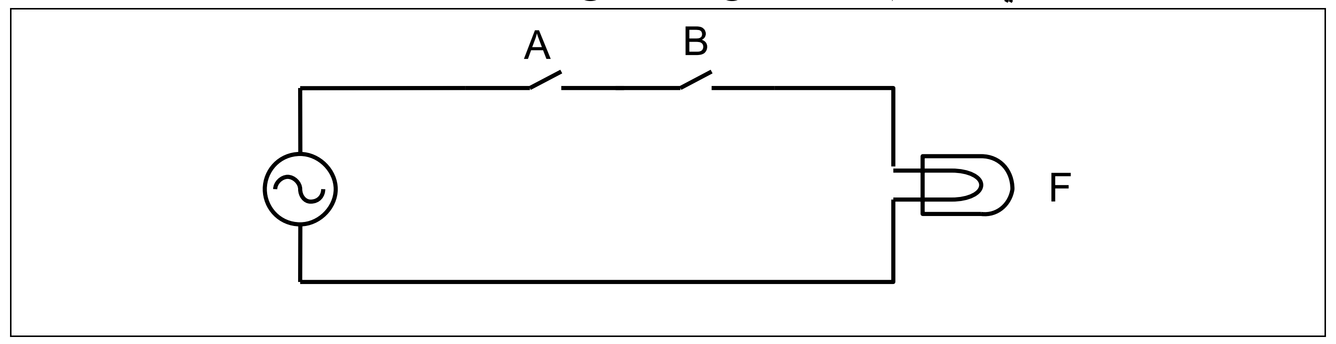
A	B	F
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الجدول (2-3)

جدول الحقيقة لبوابة AND بمدخلين ومخرج واحد

ومن جدول الحقيقة نجد أن الخرج F يأخذ القيمة "1" في حالة وجود الدخلين "A = 1"، "B = 1" ويأخذ الخرج القيمة " 0 " في كل الاحتمالات الأخرى .

ويمكن تمثيل البوابة " و " بواسطة دائرة بسيطة الشكل (2-2) حيث تم تمثيل الدخل بواسطة المفتاحين AوB على التوالي بينما تم تمثيل الخرج F بمصباح

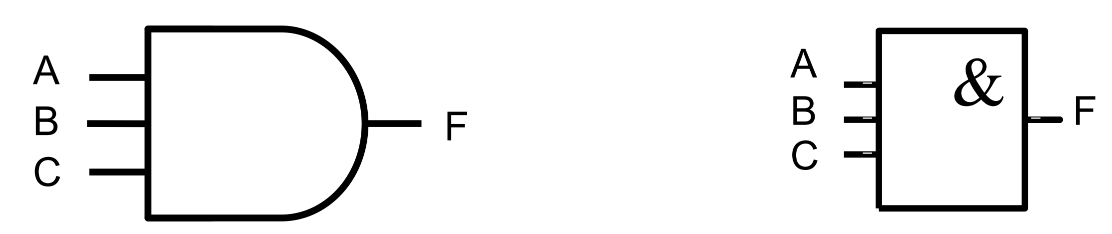


الشكل (2-2)

تمثيل البوابة AND بدائرة كهربائية

وفي هذا الشكل نجد أن الخرج يكون موجوداً ويساوي "1" أي أن المصباح يضيء في حالة واحدة فقط عندما يكون المفتاحان AوB في الحالة ON ولا تضيء في أي حالة أخرى .

ويمكن أن يكون دخل البوابة " و " اثنان أو ثلاثة أو أكثر ويكون الخرج "1" في حالة ما إذا كانت جميع المدخلات في حالة ON أي مساوية "1" ويكون الخرج "0" إذا كان هناك أي دخل للبوابة قيمته "0".الشكل (3-2) يبين رمز بوابة منطقية AND " و " بثلاثة مدخلات وخرج واحد .



الشكل (3-2)

بوابة AND بثلاثة مداخل ومخرج واحد

وجدول الحقيقة لهذه البوابة هو :

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

الجدول (4-2)

جدول الحقيقة لبوابة AND بثلاثة مداخل ومخرج واحد

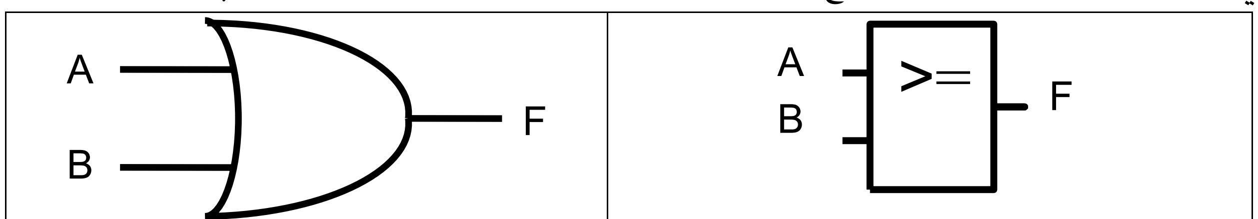
من جدول الحقيقة نستنتج أن خرج البوابة المنطقية "و" يكون "1" إذا كانت جميع المدخلات "1" ولذلك سميت ببوابة " و " وخرجها يكون "0" إذا كان هناك أي دخل للبوابة قيمته "0" .

٢- ١- ٢ البوابة المنطقية " أو " OR GATE

يرمز إلى هذه البوابة المنطقية بأحد الرمزين المبينين في الشكل (2-4) ويلاحظ في هذا الشكل أن هذه البوابة لها أكثر من دخل ولها خرج واحد . ويرمز لخرج البوابة F بينما للدخلين بالحرفين A,B.والبوابة **OR** " أو " يتم التعبير عنها جبرياً بالمعادلة الآتية :

$F = A + B$	(2-2)

أي أن هذه البوابة تمثل بعملية جمع المداخل، ويمثل جدول (2-5) جدول الحقيقة لهذه البوابة المنطقية



الشكل (2-4)

بوابة OR بمدخلين

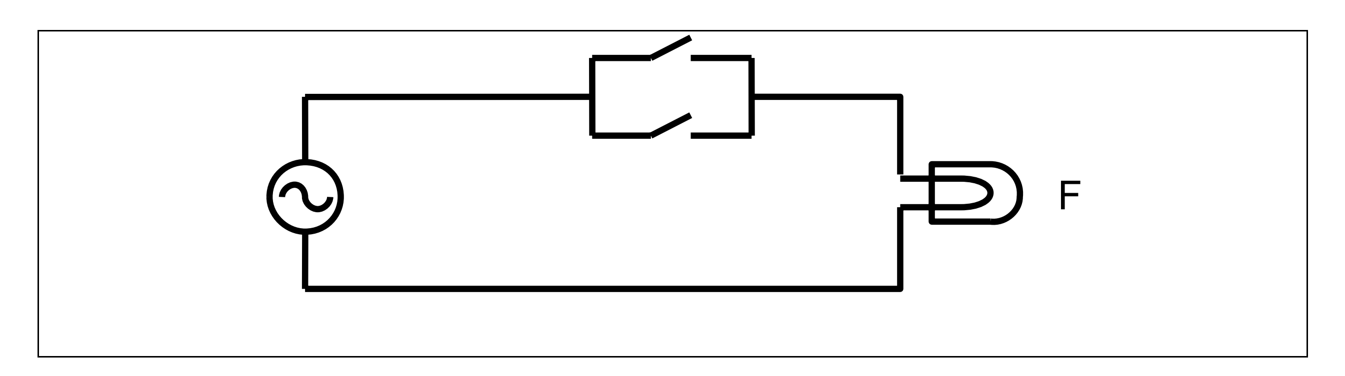
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

الجدول (2-5)

جدول الحقيقة لبوابة AND بمدخلين ومخرج واحد

من جدول الحقيقة نجد أن الخرج F يأخذ القيمة "1" في حالة وجود دخل واحد أو أكثر في حالة ON. أي حالة "1". ويمكن تمثيل البوابة " و " بواسطة دائرة بسيطة الشكل (2-5) حيث تم تمثيل الدخل بواسطة المفتاحينA وB على التوازي بينما تم تمثيل الخرج F بمصباح، ويتضح من هذا الشكل أن الخرج

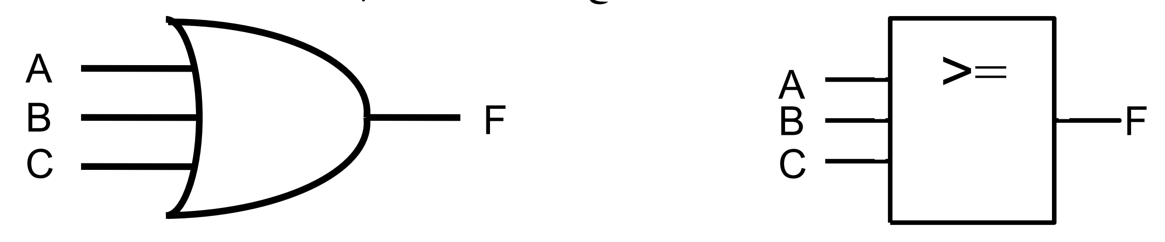
يكون موجوداً ويساوي "1" أي أن المصباح يضيء في حالة وجود أي من المفتاحين Aأو B أو Aو B معاً في حالة ON



شكل (2-5)

تمثيل البوابة OR بدائرة كهربائية

ويمكن أن يكون دخل البوابة " أو " اثنان أو ثلاثة أو أكثر ويكون الخرج "1" في حالة وجود دخل واحد أو أكثر في الحالة "1" ويكون الخرج "0" في حالة عدم وجود أي دخل. الشكل (2-6) يبين رمز بوابة منطقية (أو) بثلاثة مداخل والجدول (2-6) يوضح جدول الحقيقة لهذه البوابة



الشكل (2-6)

بوابة OR بثلاثة مداخل ومخرج واحد

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1

1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

الجدول (2-6)

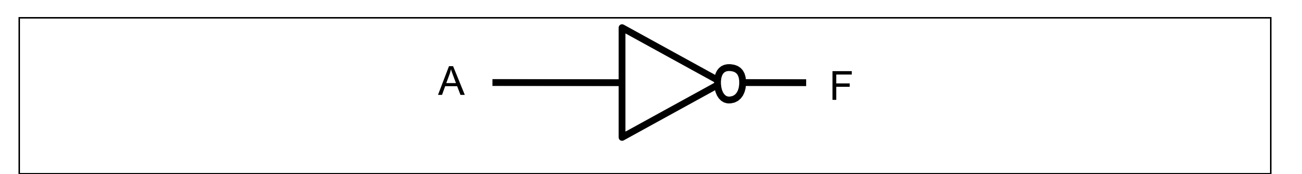
جدول الحقيقة لبوابة OR بثلاثة مداخل ومخرج واحد

٢- ١- ٣ بوابة النفي أو البوابة المعاكسة NOT GATE

يرمز إلى هذه البوابة المنطقية بالرمز المبين في الشكل (2-7) ويلاحظ في هذا الشكل أن هذه البوابة المنطقية لها دخل واحد وخرج واحد وتقوم هذه الدائرة بعكس إشارة الدخل أي إذا كان الدخل "1" يكون الخرج "0" والعكس صحيح . ويتم التعبير عن هذه الدائرة المنطقية جبرياً بالمعادلة الآتية :

$F = \overline{A}$	(2-3)

ويمثل $\overline{A}$ معكوس A وينطق (A بار) ويمثل الجدول (2-7) جدول الحقيقة لهذه البوابة المنطقية .



الشكل (2-7)

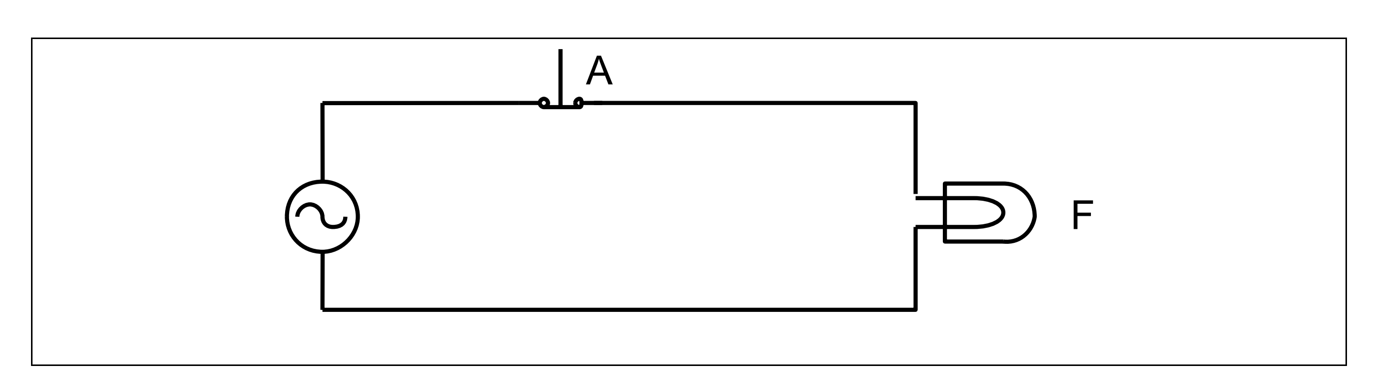
البوابة OR

A	F
0	1
1	0

الجدول (2-7)

جدول الحقيقة لبوابة NOT

ويمكن تمثيل البوابة " النفي " بواسطة دائرة بسيطة الشكل (2-8) حيث تم تمثيل الدخل A بواسطة مفتاح مغلق (معكوس) أي أن الخرج F الممثل بمصباح ويكون موجوداً ويساوي "1" أي أن المصباح يضيء حينما يكون الدخل A مساوياً للصفر والعكس صحيح.



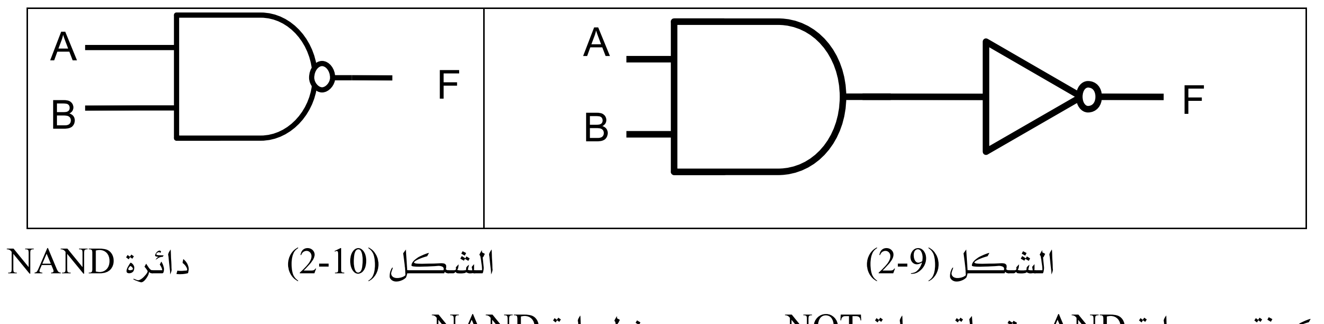
الشكل (2-8)

تمثيل البوابة NOT بدائرة كهربائية

٢- ٢ البوابات المنطقية الأخرى

٢- ٢- ١ البوابة المنطقية نفي الوصل " نفي و " NAND GATE

تسمى هذه البوابة في بعض الأحيان NOT AND حيث إنها تتكون من البوابة المنطقية" و" AND تليها بوابة النفي NOT كما هو موضح في الشكل (2-9). ويرمز لهذه البوابة المنطقية بالشكل المبين(2-10).



الشكل (2-10) دائرة NAND

رمز لبوابة NAND

الشكل (2-9)

مكونة من بوابة AND متصلة ببوابة NOT

ومن الشكل يتضح أن البوابة المنطقية NAND لها أكثر من دخل AوB ولها خرج واحد F ويتم التعبيرعن ذلك جبرياً بالمعادلة (2-4) وتقرأ F=NOT(A AND B)، ويمثل الجدول (2-7) جدول الحقيقة لهذه البوابة المنطقية.

$F = \overline{A \cdot B}$	(2-4)

الدخل		خرج	
A	B	AND	NAND
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

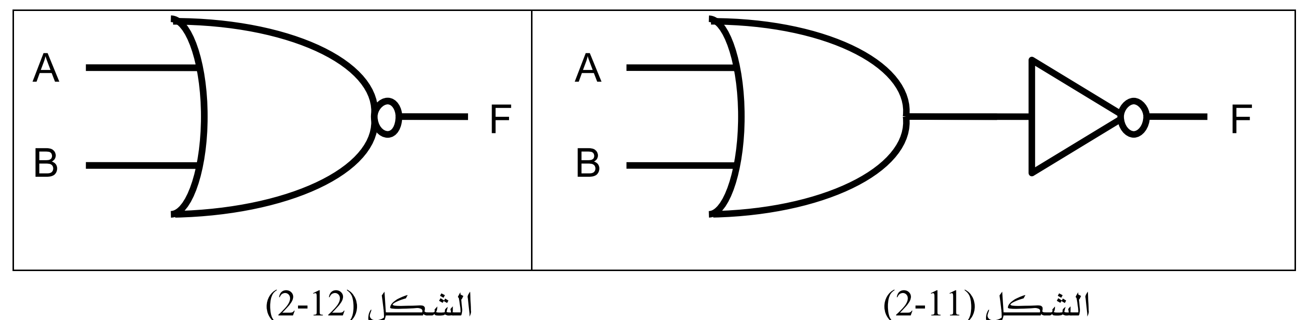
الجدول (2-7)

الجدول الحقيقة لبوابة NAND

من جدول الحقيقة يستنتج أن خرج البوابة المنطقية " نفي و " يكون "0" فقط إذا كانت جميع المدخلات "1" ويكون خرجها "1" إذا كان أي مدخل من مداخل البوابة المنطقية "0" لذلك سميت "نفي و".

٢- ٢- ٢ البوابة المنطقية (نفي أو) NOR GATE :

تقوم هذه البوابة بنفى خرج البوابة OR بمعنى أنه يمكن اعتبارها بوابة OR موصل خرجها بمدخل لبوابة NOT كما هو مبين في الشكل (2-11)، ويرمز لها بالرمز المبين في الشكل (2-12)، ويتم التعبير عن هذه البوابة المنطقية بالمعادلة (2-5). ويمثل الجدول (2-8) جدول الحقيقة لهذه البوابة المنطقية.



الشكل (2-12)
رمز لبوابة NOR

الشكل (2-11)
دائرة NOR مكونة من بوابة OR متصلة ببوابة NOT

$F= NOT(A+B) = \overline{A + B}$	(2-5)

الدخل	الخرج

B	A	OR	NOR
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0

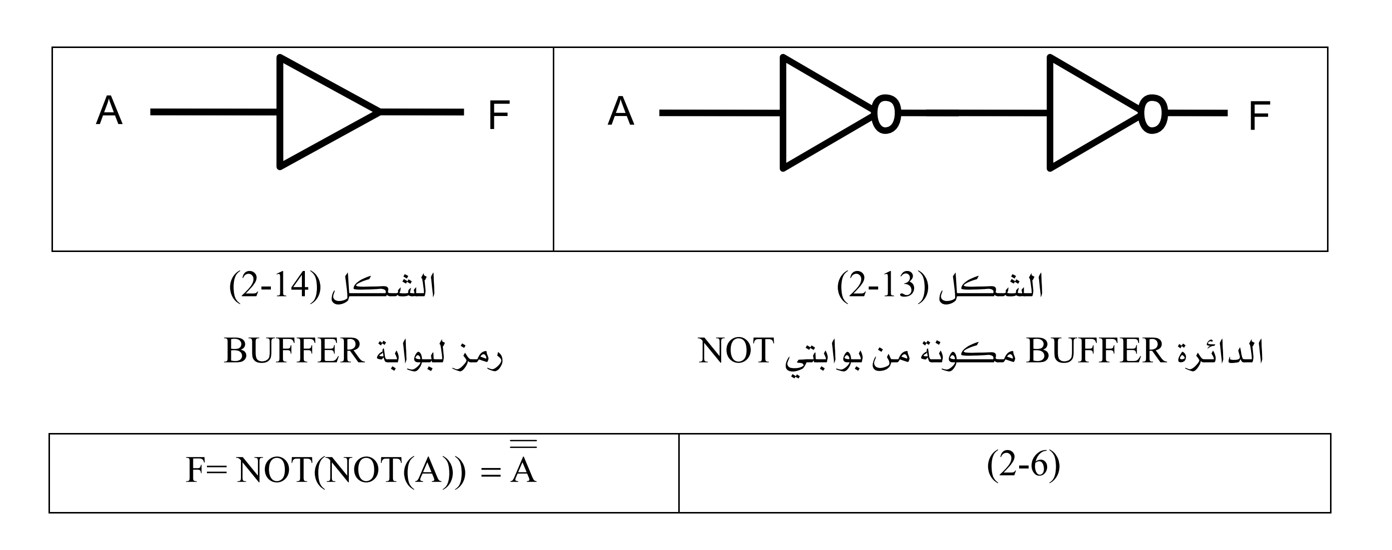
الجدول (2-8)

الجدول الحقيقة لبوابة NOR

من جدول الحقيقة يستنتج أن خرج البوابة NOR يكون "1" فقط إذا كانت جميع المداخل "0" ويكون خرجها "0" إذا كان أي مدخل من مداخلها "1" لذلك سميت " نفي أو " .والبوابة المنطقية NOR يمكن أن يكون لها ثلاثة أو أربعة مداخل وخرج واحد

٢- ٢- ٣ بوابة نفي النفي (الإثبات): NOT NOT GATE, BUFFER GATE

هذه البوابة عبارة عن بوابتين نفي NOT متتاليتين كما في الشكل (2-13) حيث تقوم البوابة الأولى بنفي الدخل بينما تقوم البوابة الثانية بنفي ما سبق نفيه وبالتالي إعادته إلى أصله (نفي النفي إثبات) ويتم اختصار الشكل (2-13) إلى رمز لها كما هو مبين في شكل (2-14) ويتم التعبير عن تلك البوابة جبرياً بالمعادلة (2-6)، كما يمكن التعبير عن منطق التشغيل لتلك البوابة بجدول الحقيقة المبين في الجدول (2-9).



الشكل (2-13)
الدائرة BUFFER مكونة من بوابتي NOT

الشكل (2-14)
رمز لبوابة BUFFER

$F= NOT(NOT(A)) = \overline{\overline{A}}$	(2-6)

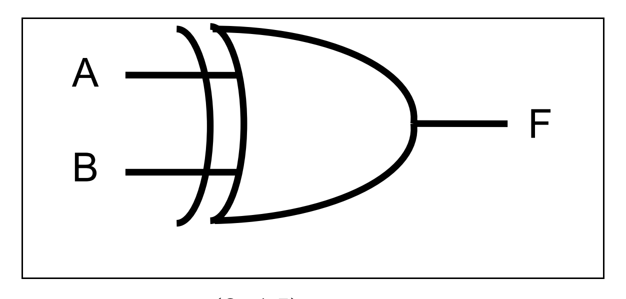
الدخل	الخرج	
A	NOT	BUFFER
0	1	0
1	0	1
0	1	0
1	0	1

الجدول (2-9)

جدول الحقيقة لبوابة NOT NOT(BUFFER)

٢- ٣- ٤ بوابة عدم التطابق (EXCLUSIVE OR GATE (XOR

يرمز لهذه البوابة المنطقية بالشكل (2-15) ويتم التعبير عن هذه البوابة جبرياً بالمعادلة (2-7) والجدول الحقيقة لهذه البوابة كما هو مبين في الجدول (2-10).



الشكل (2-15)

رمز لبوابة XOR

$F = \overline{A}B + A\overline{B}$	(2-7)

الدخل		الخرج
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

الجدول (2-10)

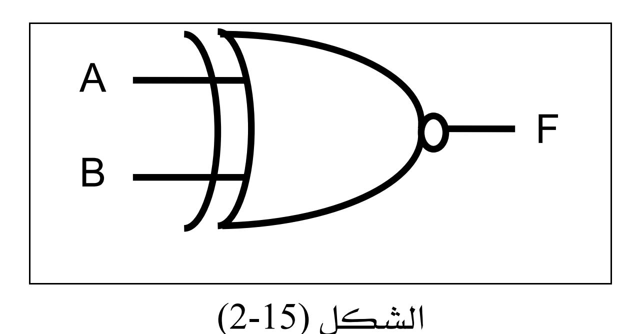
جدول الحقيقة لبوابة XOR

يتضح من جدول الحقيقة أن خرج بوابة عدم التطابق يساوي "1" إذا كان عدد المداخل التي تساوي "1" عدداً فردياً في حين يكون خرجها يساوي "0" إذا كان عدد المداخل التي تساوي "1" عدداً زوجياً أي أن خرج البوابة يكون "1" في حالة عدم تطابق A و B ويمكن أن تستخدم بوابة عدم التطابق لعدد مداخل أكبر من اثنين.

٢- ٢- ٥ بوابة التطابق (X NOR) EXCLUSIVE NOR GATE

يرمز لهذه البوابة المنطقية بالشكل (2-16) ويعبر عن هذه البوابة جبرياً بالمعادلة (2-8) وجدول الحقيقة لهذه البوابة كما هو مبين في الجدول (2-10).

في هذه البوابة يمكن تحقيق خرج حقيقي "1" عندما تكون إشارتي الدخل متطابقتين سواء أكانت إشارات الدخل "1" أو "0" ويمكن استخدام بوابة التطابق لمداخل أكثر مقدارها من اثنين.



الشكل (2-15)

رمز لبوابة XNOR

$F = AB + \overline{A}\overline{B}$	(2-8)

الدخل		الخرج
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

الجدول (2-11)

جدول الحقيقة لبوابة XNOR

٢- ٣ تجميع البوابات المنطقية :

معظم العمليات المنطقية لا يمكن تنفيذها ببوابة واحدة وإنما بمجموعة من البوابات التي يتم توصيلها على التوالي أو التوازي للحصول على الخرج المنطقي المطلوب ويمكن توضيح ذلك ببعض الأمثلة التالية :

مثال (2-1)

حقق التعبير المنطقي التالي باستخدام البوابات المنطقية؟

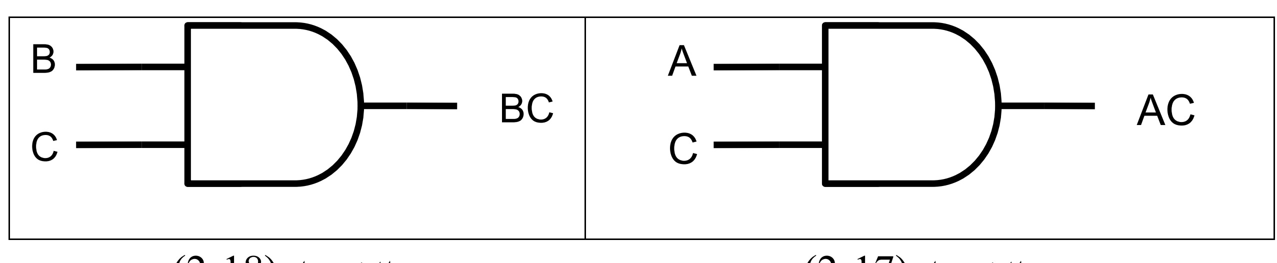
$$F = AC + BC$$

الحل

المعادلة السابقة مكونه من جزأين:

الجزء الأول مكون من متغيرين مضروبين في بعضهما البعض ويمكن تحقيق ذلك باستخدام بوابة " و " AND مدخلاتها A وC وخرجها A C كما هو مبين في الشكل (2-17)

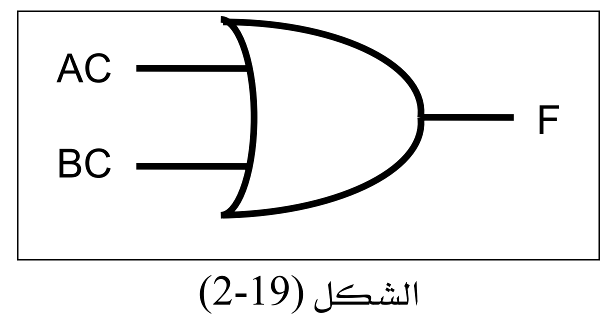
الجزء الثاني أيضاً مكون من جزئين مضروبين في بعضهما البعض ويمكن تحقيق ذلك باستخدام بوابة " و " AND مدخلاتها B C وخرجها B C كما هو مبين في الشكل (2-18)



الشكل (2-18) الجزء الثاني مثال (2-1)

الشكل (2-17) الجزء الأول مثال (2-1)

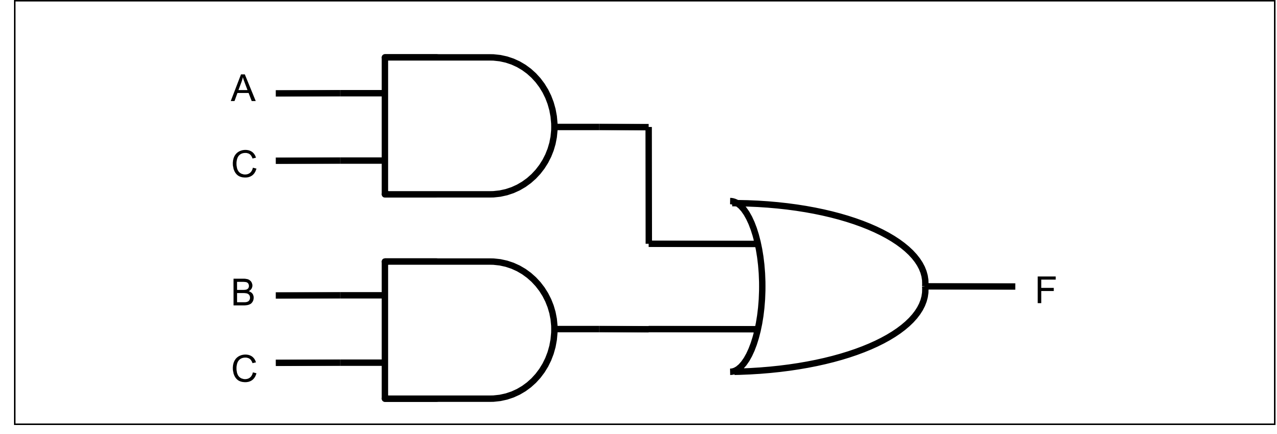
بالنظر للجزأين الأول والثاني نجد أنهما مجموعين مع بعضهما البعض ويمكن تحقيق ذلك باستخدام بوابة " أو " OR دخلها A C , B C وخرجها F كما هو مبين في الشكل (2-19)



الشكل (2-19)

الدائرة OR مثال (2-1)

بتجميع البوابات السابقة في دائرة واحدة كما في الشكل (2-20) تحصل على الدائرة المنطقية التي تحقق المعادلة المعطاة ، ويكون جدول الحقيقة المعبر عن منطق التشغيل كما في الجدول (2-12).



الشكل (2-20)

الدائرة المنطقية المطلوبة مثال (2-1)

A	B	C	AC	BC	F

0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1

الجدول (2-12) جدول الحقيقة مثال (2-1)

مثال (2-2)

ارسم الدائرة المنطقية وجدول الحقيقة للمعادلة الآتية:

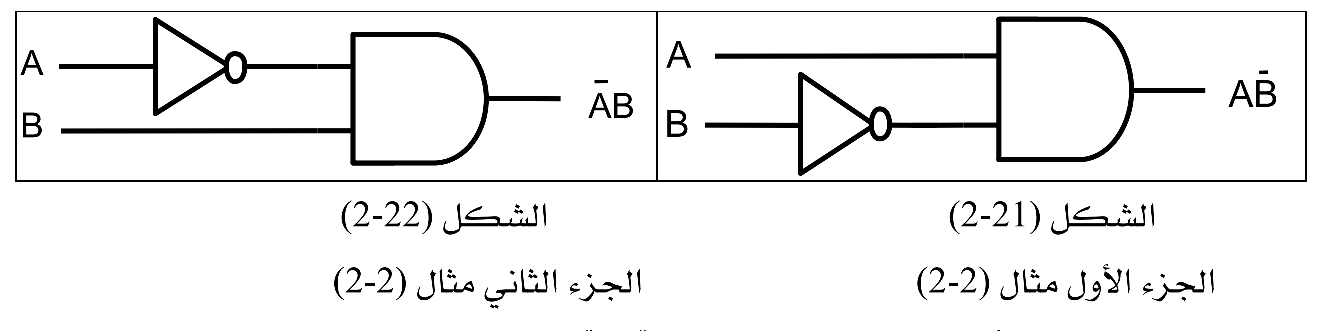
$$F = A\overline{B} + \overline{A}B$$

الحل

المعادلة السابقة مكونه من جزأين:

الجزء الأول مكون من متغيرين (A ومعكوس B) مضروبين في بعضهما البعض ويمكن تحقيق ذلك باستخدام بوابة " و " AND مدخلاتها A ومعكوس B كما هو مبين في الشكل (2-21)

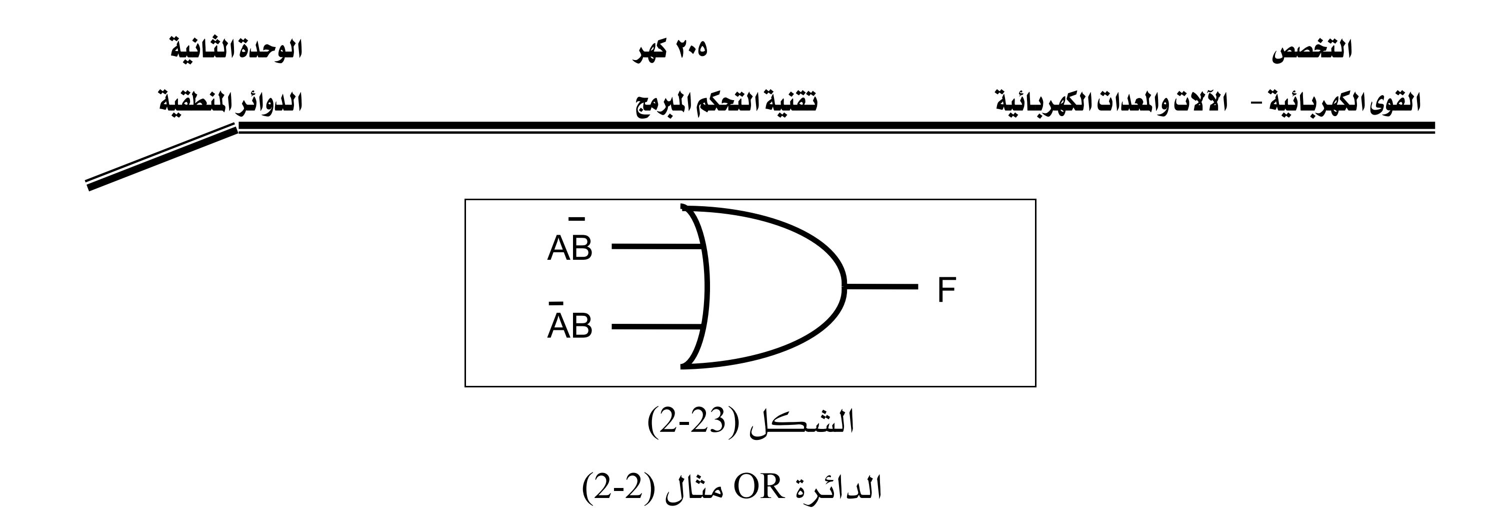
الجزء الثاني بالمثل يمكن الحصول عليه من المعادلة كما هو مبين في الشكل (2-22)



الشكل (2-22) الجزء الثاني مثال (2-2)

الشكل (2-21) الجزء الأول مثال (2-2)

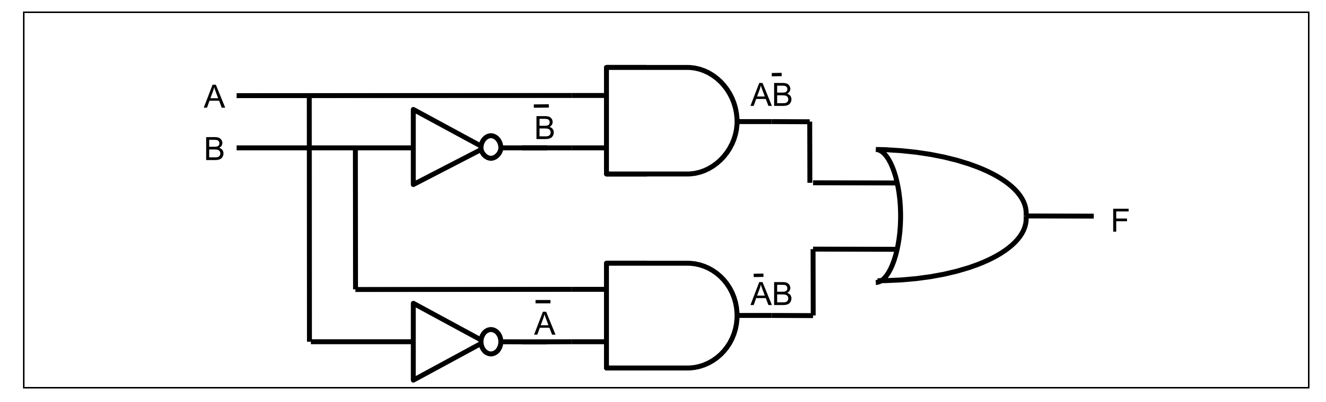
يمكن جمع الجزأين الأول والثاني باستخدام بوابة " أو " OR وخرجها F كما هو مبين في الشكل(2-23)



الشكل (2-23)

الدائرة OR مثال (2-2)

بتجميع البوابات السابقة في دائرة واحدة كما في الشكل (2-24)تحصل على الدائرة المنطقية التي تحقق المعادلة المعطاة ، ويكون جدول الحقيقة المعبر عن منطق التشغيل كما في الجدول (2-13).



الشكل (2-24)

الدائرة المنطقية المطلوبة مثال (2-2)

A	B	$\overline{A}$	$\overline{B}$	$A\overline{B}$	$\overline{A}B$	F
0	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	0

الجدول (2-12)

جدول الحقيقة مثال (2-2)

مثال (2-3) ارسم الدائرة المنطقية وجدول الحقيقة للتعبير المنطقي :

$$F = \overline{A}BC + \overline{B}C + A\overline{C}$$

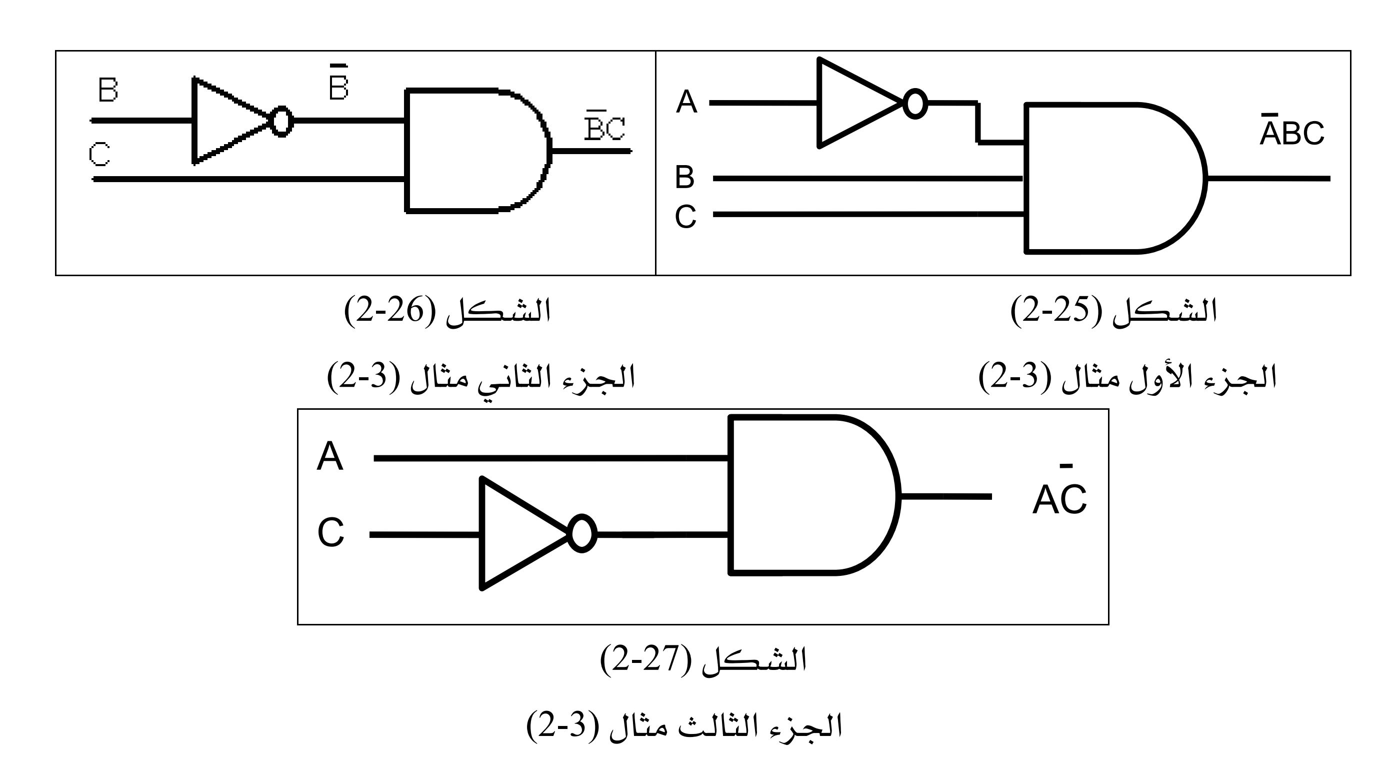
الحل:

المعادلة السابقة مكونه من ثلاثة أجزاء :

الجزء الأول يمكن تنفيذه بالدائرة المبينة في شكل (2-25)

الجزء الثاني يمكن تنفيذه بالدائرة المبينة في شكل (2-26)

الجزء الثالث يمكن تنفيذه بالدائرة المبينة في شكل (2-27)



الشكل (2-25)

الجزء الأول مثال (3-2)

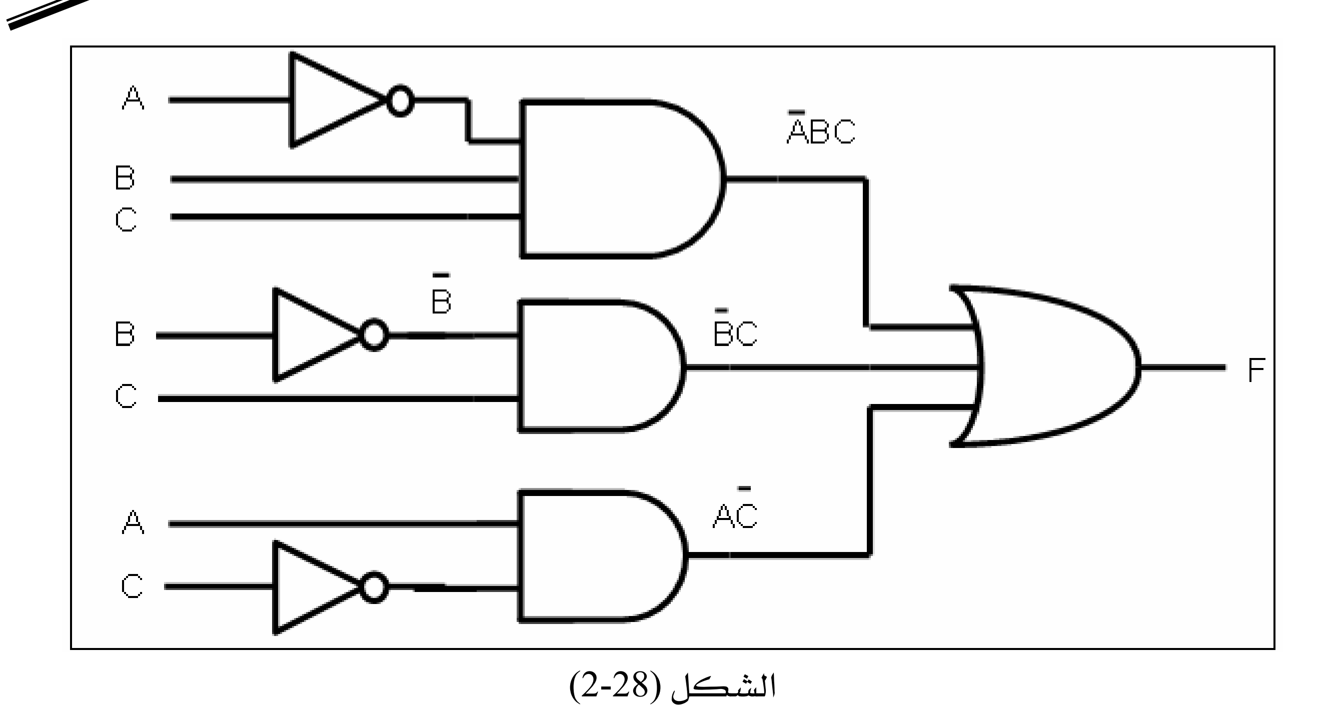
الشكل (2-26)

الجزء الثاني مثال (3-2)

الشكل (2-27)

الجزء الثالث مثال (3-2)

بتجميع البوابات السابقة في دائرة واحدة كما في الشكل (2-28) تحصل على الدائرة المنطقية التي تحقق المعادلة المعطاة ، ويكون جدول الحقيقة المعبر عن منطق التشغيل كما في الجدول (2-14).



الشكل (2-28)

الدائرة المنطقية المطلوبة مثال (2-3)

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	0

الجدول (2-14)

جدول الحقيقة مثال (2-3)

أسئلة وتمارين

السؤال الأول:

ارسم الدائرة المنطقية وجدول الحقيقة لكل من المعادلات الآتية:

i) $F = (A + \overline{B})(B + \overline{C})$

ii) $F = AB+BC$

iii) $F = \overline{B}C + A\overline{C}$

السؤال الثاني:

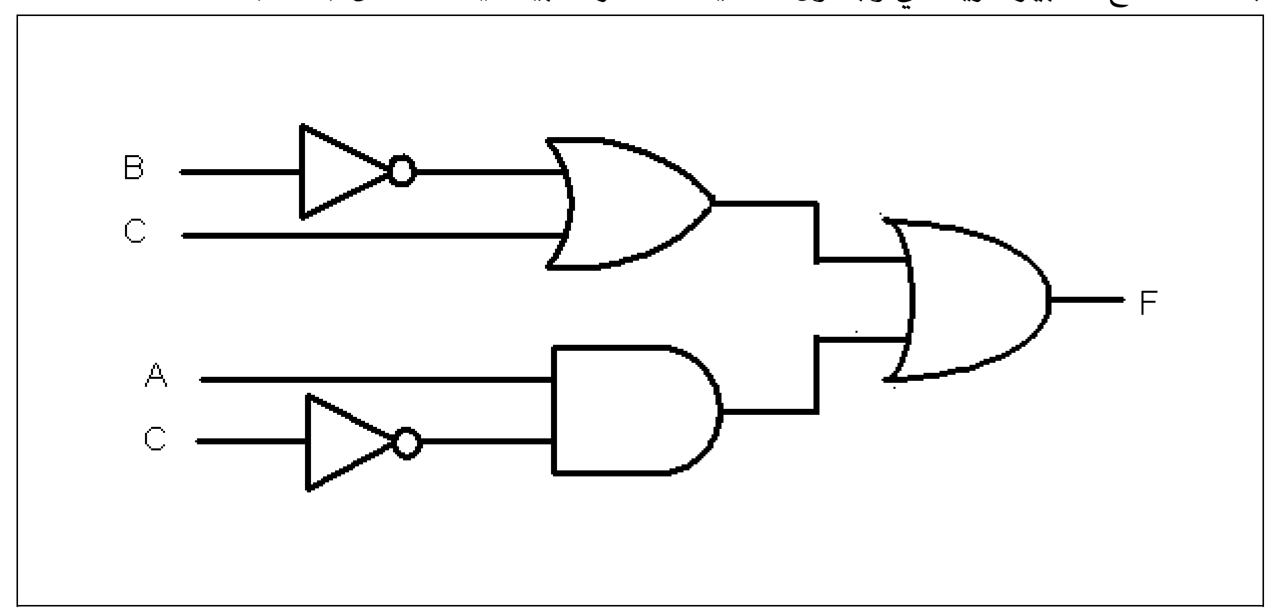
أ. ارسم شكل موجة الدخل والخرج لدائرة NAND ذات مدخلين إذا كان المدخل الأول عبارة عن نبضة موجبة تبدأ عند زمن يساوي 0.1 ms وتنتهي عند زمن 1.6 ms وكان المدخل الثاني عبارة عن نبضة موجبة تبدأ عند زمن 0.3 ms وتنتهي عند زمن 1.2 ms

ب. كرر السؤال السابق إذا تم استبدال البوابة المستخدمة ببوابة XOR

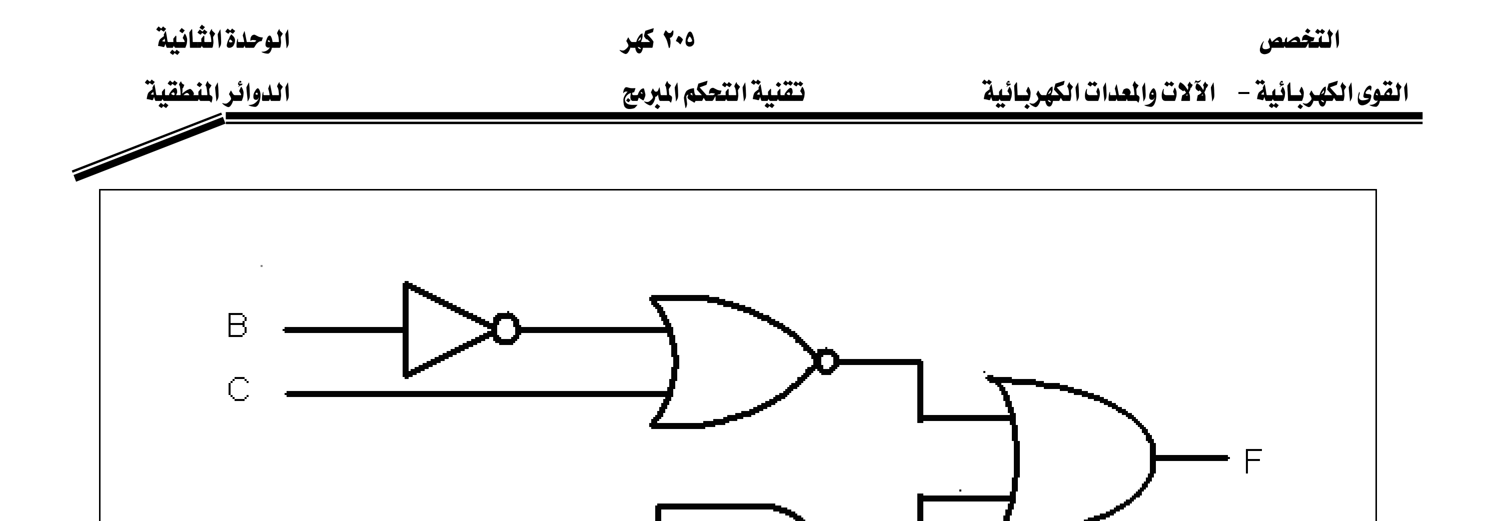
السؤال الثالث:

أ. استنتج التعبير الرياضي وجدول الحقيقة للدائرة المبينة في الشكل (2-29)

ب. استنتج التعبير الرياضي وجدول الحقيقة للدائرة المبينة في الشكل (2-30)



الشكل (2-29)



الشكل (2-30)